Grundlagenstudien
aus Kybernetik
und Geisteswissenschaft
H 6661 F
Postvertriebsstück – Gebühr bezahlt
Hermann Schroedel Verlag KG
Postfach 81 06 20
3000 Hannover 81

ISSN 0017-4939

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift
für Kybernetische Pädagogik
und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense
Gerhard Eichhorn
und Helmar Frank

Band 20 · Heft 2
Juni 1979
Kurztitel: GrKG 20/2

INHALT

KYBERNETISCHE FORSCHUNGSBERICHTE

Hardi Fischer / René Hirsig / Jean-Luc Patry
Lehrplankoordination:
Ein methodischer Beitrag zur Curriculumforschung 33

Răzvan Andonie
Simulierung eines Lernprozesses mit subjektiven Wahrscheinlichkeiten 45

Arnold Schwendtke
Programmatische Notiz zur Wissenschaftssystematik als Basis für die Konstruktion von Wissenschafts-informationssystemen 51

W. D. Ekkehard Bink
Die Fundamentalthese als Grundlage zur Beschreibung von Methode und Gegenstand der Kybernetischen Pädagogik 55

MITTEILUNGEN 62

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft", die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Schriftleitung: Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer (Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik, Heiersmauer 71, D-4790 Paderborn
Telefon: (0 52 51) 3 20 23, 2 14 56

Verlagsredaktion: Norbert Gärtner, Hermann Schroedel Verlag KG
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81

Zuschriften: Zusendungen von Manuskripten gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung oder Verlagsredaktion.

Verlag und Anzeigenverwaltung: Hermann Schroedel Verlag KG
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81, Telefon: (05 11) 83 88-1, Telex 9 23 527
Verantwortlich für den Anzeigenteil: Frank Eggers
z.Z. gültige Preisliste Nr. 2 vom 1. 1. 1979

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich (März, Juni, September, Dezember).
Redaktionsschluß: 1. des Vormonats

Bezugsbedingungen: Jahresabonnement (Inland) DM 32,40, Einzelheft DM 9,20. Für Studenten jährlich DM 24,30, Einzelheft DM 6,90; jeweils zuzüglich Versandspesen. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer.
Ausland: Jahresabonnement DM 37,20, Einzelheft DM 9,20; jeweils zuzüglich Versandspesen.

Bestellungen an: Hermann Schroedel Verlag KG – Zeitschriftenabteilung –
Zeißstraße 10, D-3000 Hannover 81
Deutsche Bank AG, Hannover 06 39 104
Die Bezugsdauer verlängert sich jeweils um ein Jahr, wenn bis zum 1. Dezember keine Abbestellung vorliegt.

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Wilhelmstraße 1, D-3300 Braunschweig

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Hannover
Printed in Germany / ISSN 0017-4939
Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo".

Lehrplankoordination: Ein methodischer Beitrag zur Curriculumforschung

von Hardi FISCHER, René HIRSIG und Jean-Luc PATRY, Zürich
aus dem Institut für Verhaltenswissenschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

1. *Stellung der Lehrplankoordination im Rahmen der Curriculumforschung*

Wie die Flut neuester, sich oft widersprechender Publikationen zur Curriculumforschung zeigt, gehört dieser Themenkreis zu den aktuellsten und zugleich zu den umstrittensten Fragestellungen der Bildungswissenschaften. Für diese bedauerliche Tatsache, der in einem Arbeitsgebiet von der gesellschaftlichen Relevanz der Lehrplanforschung eine besondere Bedeutung zukommt, lassen sich zwei Hauptgründe angeben:

– Der Arbeitsbereich der Curriculumforschung ist so allgemein umschrieben, daß er praktisch alle Arbeiten umfaßt, die sich in irgendeiner Weise mit Lehrplänen beschäftigen. So definieren zum Beispiel Hesse und Manz (1972): „Als Curriculumforschung kann ganz allgemein das bezeichnet werden, was im deutschen Sprachbereich seit dem 19. Jahrhundert als ‚Lehrplan' gekennzeichnet wird. (...) Häufig wird darunter alles verstanden, was mit Lehrinhalten oder ganz generell mit Lehren und Lernen zusammenhängt. Ebenfalls nicht selten sind damit einfach ein ‚verbesserter' oder ‚reformierter' Lehrplan oder ‚verbesserte' Richtlinien gemeint."

– Die zweite Ursache der widersprüchlichen Standpunkte in der Curriculumforschung ist wohl darin zu suchen, daß die Diskussionen um die Curriculumentwicklung nur zu oft, und das gerade infolge der gesellschaftspolitischen Bedeutung der Fragestellung, unabhängig von den akuten Problemen des Lehrbetriebes auf einer rein ideologisch philosophischen Ebene geführt werden.

Wenn wir uns nun zum Ziele setzen, einen konkreten, den Lernenden wie den Lehrenden zugute kommenden Beitrag zur Curriculumforschung zu leisten, so muß ein Weg gefunden werden, der sich streng an der Praxis des Lehrbetriebes orientiert, der aber außerdem die grundsätzliche Überarbeitung und kritische Reflektion der Lehrinhalte und Lehrpläne ermöglicht.

Ein theoretisches Konzept zur Lehrplangestaltung gibt uns H. Taba (1962) in ihrem „Konzeptuellen System zur Curriculumentwicklung", das die einzelnen Stufen beschreibt, die bei der Überarbeitung oder Neuschaffung eines Lehrplanes zu durchlaufen sind. Diese sieben programmatischen Punkte können wie folgt zusammengefaßt werden:

– Ermittlung der gesellschaftlichen Bedürfnisse und Formulierung allgemeiner Zielvorstellungen
– Formulierung fachlicher Inhalte

- Erstellung einer fachspezifischen Ordnung
- Wahl der zu vermittelnden Lehrinhalte
- Didaktische Organisation der Lehrinhalte (Koordination)
- Realisierung der ermittelten Lehrpläne
- Evaluation der Lehrpläne im Unterricht

Da das schweizerische Bildungssystem den Lehrkräften in der Unterrichtsgestaltung und Organisation einen relativ großen Spielraum läßt, und damit die oft langjährige didaktische Erfahrung und das „know how" der Lehrenden auszunützen weiß, wird jede Curriculum-Überarbeitung vom Lehrkörper der betroffenen Schulen selber durchzuführen sein. Gesucht wird somit ein Verfahren, das von Anfang an auf die praktische Lehrsituation und die spezifischen Problemstellungen der einzelnen Lehrinstitutionen bezogen bleibt. Jeder Schritt in Richtung auf ein neues Curriculum soll zudem in der Praxis des Lehrbetriebes evaluiert werden können.

Ein möglicher Ansatz, der dieser anspruchsvollen Zielsetzung gerecht zu werden verspricht, ist ein Verfahren, das — basierend auf dem konzeptuellen System von Taba — die „didaktische Organisation der Lehrinhalte" zu einem Kristallisationspunkt einer sukzessiven Lehrplanüberarbeitung und Lehrplangestaltung werden läßt. Das vorgeschlagene Reorganisationsverfahren kann in zwei Punkten zusammengefaßt werden.

- Ausgehend von einem Lehrplan, dessen innere Struktur und Organisation von den Lehrkräften der betroffenen Schule angegeben werden, wird ein erster Versuch einer „didaktischen Neuorganisation" der zu vermittelnden Lehrinhalte unternommen. Diese ersten Bemühungen werden indessen kaum zu einem für alle beteiligten Fachlehrer befriedigenden Resultat führen, sie dienen viel eher im Sinne einer Lehrplananalyse dazu, dem Lehrkörper objektive und umfassende Informationen über die Schwierigkeiten zu geben, die einer didaktischen Organisation des Lehrstoffes in der von ihnen angegebenen Strukturierung entgegenstehen.

  Eine eingehende Diskussion der aufgezeichneten Probleme (Vorevaluation) gibt den Lehrkräften die Möglichkeit, die Gliederung und Zusammenhänge ihrer Fachgebiete zu reflektieren und im Sinne besserer Koordinationsmöglichkeiten mit den anderen Fachdisziplinen neu zu strukturieren.

  Wie erste praktische Erfahrungen zeigen, wird dieser Prozeß oft mehrmals zu durchlaufen sein, bis alle beteiligten Fachlehrer mit dem neuorganisierten Lehrplan einverstanden sind.

- Der theoretisch überarbeitete Lehrplan ist im praktischen Lehrbetrieb zu evaluieren. Aus den gesammelten Erfahrungen können die der Koordination zugrunde liegenden didaktischen Hypothesen und methodischen Ansätze (siehe Abschnitt 2) kritisch beurteilt und den tatsächlichen Bedürfnissen angepaßt werden. Dem Lehrkörper wird mit dieser Evaluation eine weitere, empirische Grundlage geboten, die den Einbezug aller Stufen des Taba'schen Systems in den Curriculumentwicklungsprozeß ermöglicht.

  Auch hier zeigen erste Erfahrungen, daß die Lehrerschaft durchaus bereit ist, an konkreten Problemstellungen der Lehrplankoordination selbst die allgemeinsten Ausbildungsziele neu zu überdenken.

Zwei ganz grundsätzliche Aspekte können selbst dieser einfachen Beschreibung des Verfahrens entnommen werden:

Eine Lehrplanentwicklung muß insofern als dynamischer Prozeß verstanden werden, als sich die Lehrerschaft in einer kontinuierlichen Auseinandersetzung mit dem von ihr vermittelten Lehrstoff und den von außen an sie gestellten Ausbildungsanforderungen steht. Ein Lehrplan wird somit nie endgültig bereinigt sein, viel eher wird der Lehrkörper einer Schule das gemeinsame Curriculum periodisch überdenken, weiter verbessern und den neuen Situationen und Anforderungen anzupassen haben.

Das Kernstück des vorgeschlagenen Verfahrens ist die Mitarbeit der an einem Curriculum beteiligten Lehrkräfte. Ein Erfolg setzt ihr persönliches Engagement und ihre Bereitschaft voraus, die eigenen Lehrgebiete in Zusammenarbeit mit den anderen Fachlehrern kritisch und interdisziplinär zu überdenken.

Alle Entscheidungen, die eine Curriculumentwicklung mit sich bringt, werden vom Lehrkörper der betroffenen Lehrinstitution getroffen. Die didaktische Organisation der Lehrinhalte, auf deren methodische Grundlage in den folgenden Abschnitten eingegangen wird, ist einzig als ‚Katalysator' in der Curriculumentwicklung zu verstehen, der — auf Grund einiger didaktischer Hypothesen und Modellvorstellungen — die Probleme der Lehrplangestaltung zu aktualisieren sucht: mit den verschiedenen aufgezeigten Alternativlösungen werden den Lehrkräften konkrete und überblickbare Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung gestellt.

2. *Ein Ansatz zur Operationalisierung interdisziplinärer Relationen*

Sollen Lehrinhalte verschiedener Fachdisziplinen miteinander koordiniert werden, so erfordert dies eine operationalisierte Beschreibung der Lehrinhalte und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen. Ein erster Ansatz zu einer Beschreibungsform soll im folgenden besprochen werden.

Der Lehrstoff eines Faches wird vom betreffenden Fachlehrer in einzelne Untereinheiten, die *Unterrichtsthemen,* unterteilt. Für jedes Thema wird die Zeit geschätzt, die zu seiner Unterrichtung aufgewendet werden muß. Als organisatorische Randbedingung ist außerdem für jede Fachdisziplin die pro Semester zur Verfügung stehende *Unterrichtszeit* vorgegeben.

Da die Lehrkräfte nur selten die Unterrichtsdauer für ein einzelnes Thema genau bestimmen können, müssen ihre Angaben als Richtwerte interpretiert werden. Ebensowenig kann vorausgesehen werden, ob und wann Lektionen eines Faches ausfallen müssen, so daß die Stundenzuteilungen auf die einzelnen Fächer obere Grenzwerte darstellen.

Die Relationen zwischen den verschiedenen Fächern können mit Hilfe von *Vorgängerbedingungen* und *Nachbarschaftspräferenzen* zwischen je zwei Themen beschrieben werden.

Vorgängerbedingung:

Ein Thema M ist Vorgänger eines anderen Themas N, wenn M notwendige Voraussetzungen für N liefert, so daß N erst unterrichtet werden kann, nachdem der Stoff des Themas M den Schülern schon bekannt ist. Thema M muß dann in jedem Fall vor Thema N vermittelt werden.

Nachbarschaftspräferenzen:

Zwei Themen A_i und B_k stehen in Nachbarschaftsbeziehung, wenn es wünschbar ist, beide Themen im gleichen Zeitraum zu unterrichten. Im Idealfall erfolgt der Unterricht in beiden Themen parallel. In der gleichen Woche wird Thema A_i in den Lektionen des Faches A und Thema B_j in denjenigen des Faches B vermittelt. So wird ein maximaler Transfer (Übungsübertragung von einem Thema auf das andere) gewährleistet.

Nachbarschaften zwischen Unterrichtsthemen können nur als Wünsche formuliert werden; bei der Lehrplanermittlung haben die Vorgängerbedingungen absolute Priorität. Wird eine Nachbarschaft zwischen Themen desselben Faches verlangt, so wird damit der Wunsch ausgedrückt, daß die beiden Themen unmittelbar nacheinander zu unterrichten sind.

Die Nachbarschaftspräferenz zwischen den Themen A_i und B_k kann einen von drei Werten (Nachbarschaftswert w_{ik}) einnehmen. Sei Δt_{ik} die Zeit zwischen dem Beginn von Thema A_i und dem Beginn von Thema B_k. Dann ist w_{ik} wie folgt definiert:

$w_{ik} = 0$: Δt_{ik} ist für den Unterricht nicht relevant

$w_{ik} = 1$: eine zeitliche Nachbarschaft zwischen den Themen A_i und B_k ist aus didaktischen Gründen zu begrüßen. Die beiden Themen müssen jedoch nicht unbedingt parallel unterrichtet werden: Δt_{ik} soll nicht zu groß werden

$w_{ik} = 2$: eine unmittelbare zeitliche Nachbarschaft ist notwendig. Die beiden Themen sollen möglichst parallel oder zumindest kurz hintereinander vermittelt werden: Δt_{ik} soll möglichst klein sein.

Auf Grund der von den Lehrkräften zusammengestellten Themenkataloge ist nun ein Lehrplan zu ermitteln, der alle formulierten Vorgängerbedingungen und die Stundenzuteilung auf die Fachdisziplinen erfüllt und außerdem den Nachbarschaftspräferenzen in optimaler Weise Rechnung trägt. Die „Güte" eines ermittelten Lehrplanes kann dann mit Hilfe der folgenden Zielfunktion ermittelt werden:

$$(1) \qquad Z = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_{ij} \, \Delta t_{ij}$$

N: totale Anzahl Unterrichtsthemen

w_{ij}: Nachbarschaftswert zwischen den Themen i und j

Δt_{ij}: Zeitintervall zwischen dem Unterrichtsbeginn von Thema i und demjenigen von Thema j

Je kleiner der Wert der Zielfunktion für einen ermittelten Lehrplan ausfällt, desto besser sind die Nachbarschaftspräferenzen in diesem Lehrplan berücksichtigt.

3. *Koordination der Lehrinhalte*

Ausgangspunkte des Koordinationsverfahrens sind:

a) die Menge Ω_N aller zu koordinierenden Unterrichtsthemen; jedes Thema ist dabei charakterisiert durch seine Unterrichtsdauer sowie Vorgänger- und Nachbarschaftsbeziehungen;

b) die Stundenzuteilung auf die einzelnen Fachdisziplinen pro Koordinationsintervall.

Als Lösung des Koordinationsproblems wird eine Anordnung der Unterrichtsthemen gesucht, in der die Vorgängerbedingungen und Stundenzuteilungen eingehalten und den Nachbarschaftswünschen in bestmöglicher Form Rechnung getragen werden. Für die Koordination der Unterrichtsthemen in einem Koordinationsintervall (zum Beispiel einem Semester) ist der vorgeschlagene Lösungsansatz in Bild 1 schematisch zusammengefaßt.

Alle Programmpunkte, außer den Punkten 4 und 8, beruhen auf mehr oder weniger komplexen Abfrageprozeduren; auf ihre Beschreibung soll hier zugunsten einer umfassenden Darstellung der zentralen Auswahl- und Bewertungsverfahren („Beurteilung der Themen in Ω_{fN} nach einer lokalen Zielfunktion" und „Quantitative Beurteilung des ermittelten Lehrplanes mit der globalen Zielfunktion") verzichtet werden.

In die lokale Zielfunktion gehen für jedes Thema in Ω_{fN} zwei Beurteilungskennwerte ein.

– *Bewertungskennzahl „Nachfolgeziffer"*

Aus der Anzahl der Themen, die ein Thema I als Vorgänger verlangen, wird für dieses die Bewertungskennzahl „Nachfolgeziffer" S_I ermittelt

$$(2) \text{ Thema } I \text{ wird von } \begin{cases} \text{keinem Thema als Vorgänger verlangt:} & S_I = 0 \\ \text{den Themen } Y, Z, \ldots \text{ als Vorgänger verlangt:} & S_I = (S_Y + 1) + (S_Z + 1) + \ldots \end{cases}$$

S_Y, S_Z ... sind die Nachfolgeziffern der Themen Y, Z, usw.

Mit dieser Rekursionsformel wird jedem Thema in Ω_{fN} eine Kennziffer zugeordnet, die größer oder gleich der Anzahl der Themen ist, die das Thema I direkt oder indirekt als Vorgänger verlangen. Damit wird S_I zu einer wesentlichen Kennzahl für die Themenauswahl im N-ten Einordnungsschritt, repräsentiert sie doch gewissermaßen die Dringlichkeit des Themas I im zeitlichen Ablauf des Unterrichtes.

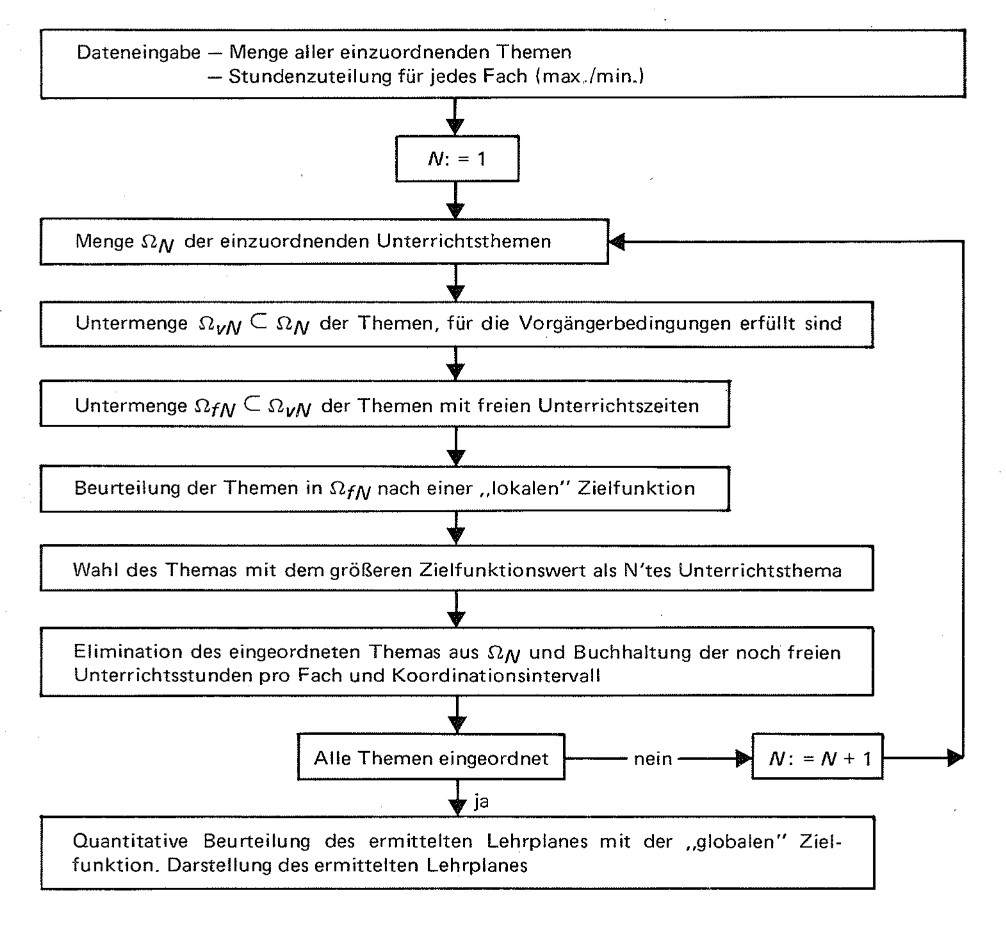


Bild 1: Schematische Darstellung des Lösungsalgorithmus

– *Bewertungskennzahl „Nachbarschaftsziffer"*

Mit der Nachbarschaftsziffer sollen die in Ω_{fN} enthaltenen Themen bezüglich ihrer Nachbarschaftsbeziehungen zu den eingeordneten und den noch einzuordnenden Unterrichtsthemen beurteilt werden. Die Nachbarschaftsziffer V_I des Themas I

wird definiert als Differenz der Summe der Nachbarschaftswerte w_{Ij} des Themas I zu den schon eingereihten Themen und der Summe der Nachbarschaftswerte w_{Ik} zu den noch einzureihenden Themen.

Nachbarschaftsziffer:

$$V_I = \sum_{j=1}^{m} w_{Ij} - \sum_{k=1}^{n} w_{Ik} \qquad (3)$$

m: Anzahl der eingereihten Themen
n: Anzahl der noch einzureihenden Themen

Der Wert V_I entspricht damit der Zunahme der globalen Zielfunktion Z für den Fall, daß das Thema I im N-ten Einordnungsschritt nicht in den Lehrplan aufgenommen wird. Da für die globale Zielfunktion ein minimaler Wert angestrebt wird, sollte im N-ten Schritt ein Thema mit möglichst großer Nachbarschaftsziffer eingeordnet werden.

– *Bearbeitung hoher Nachbarschaftswerte*

Besteht zwischen zwei Themen ein hoher Nachbarschaftswert, so sollen diese wenn möglich parallel unterrichtet werden. Eine unmittelbar aufeinanderfolgende Einordnung der beiden Themen wird dieser Bedingung am ehesten gerecht, was dadurch erreicht werden kann, daß beiden Themen dieselbe Dringlichkeit, das heißt dieselbe Nachfolgeziffer, zugeordnet wird. Zur Einhaltung der Sequenzierungsbedingungen wählt man dabei für beide Themen die größere der beiden Nachfolgeziffern.

Anhand *einer lokalen Zielfunktion* wird nun in jedem Einordnungsschritt entschieden, welches Unterrichtsthema als nächstes in den Lehrplan aufgenommen werden soll. Grundlagen für diese Entscheidung liefern die beiden, für jedes Thema in Ω_{fN} ermittelten Bewertungskennziffern. Da sich diese beiden Einordnungskriterien nur selten überdecken, müssen sie mit einer vorerst willkürlichen Gewichtung in die lokale Zielfunktion aufgenommen werden. Im allgemeinen geht man von einer stärkeren Berücksichtigung der Nachfolgeziffern aus. Ist eine erste Lösung gefunden, so kann diese schrittweise durch eine stärkere Gewichtung der Nachbarschaftsziffer im Sinne der globalen Zielfunktion verbessert werden.

Lokale Zielfunktion

$$Z_I = \alpha \cdot S_I + (1-\alpha) \cdot V_I \qquad (4)$$

α: Gewichtungsfaktor $(0 < \alpha < 1)$

Die globale Zielfunktion. Sind für ein Koordinationsproblem verschiedene Lösungen möglich, so unterscheiden sich diese in der Art und Weise, wie die Nachbarschaftswünsche zwischen den Themen berücksichtigt sind. Eine Maßzahl für die Qualität des

ermittelten Lehrplanes kann aus einer Zielfunktion gewonnen werden, die den Grad der Berücksichtigung der Nachbarschaftswünsche quantitativ erfaßt. In Vereinfachung der Zielfunktion Z in (1) definieren wir als

Globale Zielfunktion:

$$Z^* = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} d_{ij} \, w_{ij} \qquad (5)$$

N: Anzahl eingeordneter Unterrichtsthemen

d_{ij}: Distanz zwischen zwei durch eine Nachbarschaft verknüpfte Themen i und j (beschrieben wird d_{ij} durch die Anzahl der Einordnungsschritte zwischen den Themen i und j)

w_{ij}: Nachbarschaftswert der benachbarten Themen i und j

Soll zur optimalen Ausnützung des Übungstransfers der Abstand zwischen zwei Nachbarschaftsthemen möglichst klein gehalten werden, so wird es das Ziel der Koordination sein, einen Lehrplan zu ermitteln, für den die globale Zielfunktion Z^* in (5) einen minimalen Wert annimmt.

4. *Lehrplankoordination an einer höheren technischen Lehranstalt: Ein Beispiel*

Als Pilotstudie werden zur Zeit an einer schweizerischen Ingenieurschule die ersten vier Semester der Tiefbauabteilung überarbeitet (mathematische, naturwissenschaftliche und technische Fächer). Die bisherigen Resultate und Erfahrungen können hier als praktische Beispiele dienen.

Die am betreffenden Curriculum beteiligten Fachlehrer wurden gebeten, ihren Lehrstoff in einzelne Unterrichtsthemen zu gliedern und für jedes Thema die notwendige Unterrichtszeit abzuschätzen. Bild 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Themenkatalog des Faches Geologie/Bodenmechanik.

Alle diese Angaben gehen ein in einen Katalog der zu koordinierenden Unterrichtsthemen. Damit wird den Lehrkräften die Möglichkeit gegeben, für jedes Thema ihrer eigenen Fachdisziplin jene Themen zu ermitteln, die als Vorgängerthemen verlangt oder als Nachbarschaftsthemen gewünscht werden sollen. Ein Beispiel für einen mit Vorgänger- und Nachbarschaftsbedingungen ergänzten Themenkatalog gibt Bild 3.

Als organisatorische Randbedingung der Lehrplankoordination werden gleichzeitig die Zuteilung der Unterrichtsstunden auf die einzelnen Fächer und Semester erhoben. Für die untersuchte Ingenieurschule gelten laut Studienführer die in Bild 4 zusammengestellten Daten.

Nr.	Kurztitel des Themas	Dauer in Std.	Beschreibung
7-04	Tektonik	6	Tektonik: allgemeine Erläuterungen; Decken- und Faltenbau; Palinspatik; Tektonische Phänomene
7-05	Geologie der CH	16	Geologie der Schweiz: Zentralmassiv, kristalliner Untergrund; Gesteine des Alpenvorlandes; Helvetischer-; Penninischer-; Ostalpiner-; Südalpiner Ablagerungsraum
7-06	Aktualgeologie	8	Aktualgeologie
7-07	Gletscher- und Schneekunde	4	Gletscher- und Schneekunde
7-08	Techn. Hilfsmittel der Geologie	2	Techn. Hilfsmittel der Baugeologie
7-09	Bodenmechanik	8	Bodenmechanik; Lockergesteinsgeologie

Bild 2: Ausschnitt aus dem Themenkatalog des Faches Geologie/Bodenmechanik

BAUSTATIK		Dauer in Std.	Vorgängerthemen	Nachbarthemen
10-01	*Grundlagen der Baustatik* (Aufgabe; Belastung der Tragwerke; Baustoffeigenschaften; Aufbau der Tragwerke; Lagerung der Tragwerke)	2	–	–
10-02	Gleichgewichtsbedingungen 1: *Zusammenlegen und Zerlegen von Kräften in der Ebene* (Bestimmungsgrößen einer Kraft; Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt; Kräfte- und Seilpolygon; Zerlegen einer Kraft nach drei gegebenen Wirkungslinien)	12	10-01 5-01 1-03 3-01 1-04 3-02 1-05 3-03 3-06	5-01 ($w = 2$)
10-03	Gleichgewichtsbedingungen 2: *Ebene* (Gleichgewichtsbedingungen; Gleichgewichtsaufgaben bei der Berechnung ebener Tragwerke: Bestimmung der Auflagekräfte, innere Schnittkräfte)	14	10-02 1-05 1-06 1-14	5-04 ($w = 1$) 1-14 ($w = 2$)
10-04	Gleichgewichtsbedingungen 3: *Raum* (Festlegung einer Kraft im Raum; Zusammensetzung räumlicher Kräfte; räumliche Gleichgewichtsbedingungen)	6	10-03	–

Bild 3: Ausschnitt aus einem mit Vorgängerbedingungen und Nachbarschaftswünschen ergänzten Themenkatalog (Themen, die mit 1 beginnen, gehören in die Mathematik, jene mit 3 in die Geometrie und jene mit 5 in die Physik); w: Nachbarschaftswert

Mit diesen Rohdaten (Die Angaben über Lehrpläne und Stundenzuteilungen sind als Beispiele zu verstehen. Während der Koordination wurden sie wiederholt geändert.), die praktisch den bisherigen Lehrplan repräsentierten, kann mit dem beschriebenen Modell ein erster Koordinationsversuch unternommen werden. Ein Beispiel für die Resultate dieses ersten Versuches gibt Bild 5.

Dieser Lehrplan wird indessen kaum allen Koordinationswünschen der Lehrerschaft gerecht werden. Er kann und soll ausschließlich als Lehrplananalyse eine praxisbezogene Diskussion im Lehrerkollegium ermöglichen. Die aufgezeigten praktischen Probleme, die sich den gemeinsamen Koordinationsbemühungen der Lehrkräfte entgegenstellen, können aber zu Kristallisationspunkten für eine echt interdisziplinäre Überarbeitung des Themenkataloges nach inhaltlichen und strukturellen Gesichtspunkten werden. Von einem zweiten Koordinationsversuch auf der Grundlage des bereinigten Themenkataloges und einer allfälligen von der Lehrerkonferenz beschlossenen Anpassung der Stundenzuteilung auf die einzelnen Fächer und Semester kann ein praktikablerer Lehrplan erwartet werden.

Fach	1. Semester	2. Semester
1. Mathematik	114	114
2. Einsatz von Rechnern	40	40
3. Geometrie	76	38
4. Darstellende Geometrie	48	0
5. Grundlagen der Physik	76	40
6. Grundlagen der Chemie	86	20
7. Geologie	40	40
8. Hydraulik	0	20
9. Vermessungskunde	40	60
10. Baustatik	76	76
11. Bauchemie	0	40
12. Systemtechnik	0	36
13. Straßenbau / Verkehrstechnik	0	38

Bild 4: Stundenzuteilung zu den einzelnen Fächern

Die Arbeiten an der erwähnten Ingenieurschule stehen zur Zeit in dieser entscheidenden Phase der aktiven Reflexion und Neubeschreibung der Lehrinhalte. Bei dieser Gelegenheit hat sich gezeigt, daß die Lehrkräfte bereit sind, an konkreten Fragestellungen selbst die grundsätzlichsten Zielsetzungen ihres Unterrichtes neu zu überdenken.

5. *Zusammenfassung*

Diese ersten Erfahrungen zeigen, daß das vorgeschlagene Verfahren zur Lehrplankoordination einen praktischen Beitrag zur Curriculumforschung zu leisten vermag. Die beteiligten Lehrkräfte haben zudem den Nachweis erbracht, daß der Lehrkörper einer schweizerischen Lehrinstitution gewillt und in der Lage ist, sich mit Problemstellungen und Anforderungen neuer Unterrichtsformen auseinanderzusetzen und

1. Quartal (1. Klasse)

Fächer:	MATH	RECH	GEOM	PHYS	CHEM	GEOL
Geplant Max.:	57	20	38	38	43	20
Min.:	57	20	38	38	40	20
Stundenzahlen	57	20	38	38	42	20
Totalstd. 297						

a	b	c	d	
1	101	20	1	Operationen m. reellen Z.
2	102	1	1	Quadratwurzeln
3	103	4	1	Graph. Darst. von Funktio.
4	104	4	1	Lineare Funktion
5	107	10	1	Potenzen m. reellen Exp.
6	106	16	1	Quadratische F. und Gl.
7	109	2	1	Exp.- und logf. Expgl.
8	601	2	6	E. in die Chemie
9	602	10	6	Atomlehre u. -bau
10	301	2	3	Proportionalität
11	302	8	3	Ähnlichkeit
12	303	24	3	Trigonometrie 1
13	304	4	3	Trigonometrie 2
14	604	10	6	Chemische Bindung
15	501	6	5	Gl der Mathematik für P
16	603	10	6	Periodisches System
17	201	7	2	Gl der Programmierung
18	502	2	5	E. in die Physik
19	504	8	5	Mechanik 1 (feste Stoffe)
20	505	16	5	Mechanik 2 Kinematik
21	605	10	6	Aufbau der Stoffe
22	701	6	7	E. i. d. Geologie
23	702	6	7	Petrogr. u. Mineralogie

Bild 5: Ausschnitt aus dem ersten koordinierten Lehrplan (nur Kurztitel)
a: fortlaufende Numerierung
b: Themennummer
c: Unterrichtsdauer für das betreffende Thema in Unterrichtsstunden
d: Fachnummer

damit zum Organisator und zum Träger eines flexiblen interdisziplinär orientierten Curriculums zu werden. Das beschriebene Instrumentarium zur Lehrplankoordination will in diesem Prozeß, der auch als Beitrag zur Lehrerweiterbildung interpretiert werden kann, einzig als Hilfsmittel, als Katalysator verstanden werden.

Schrifttum

Hesse, H.A. und Manz, W. (1972): Einführung in die Curriculumforschung. Stuttgart, W. Kohlhammer Verlag

Perret, C. (1973): Mathematische Verfahren zur Integration und Koordination des Unterrichtes. ETH Zürich, Dissertation Nr. 5033

Perret, C. und Suarez, A. (1974): Verfahren zur Koodination des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtes. In: K. Frey und K. Blänsdorf, eds., Integriertes Curriculum Naturwissenschaft der Sekundarstufe 1: Projekte und Innovationsstrategien. Basel: Beltz Verlag

Taba, H. (1962): Curriculum development. Theroy and pracitce. New York

Eingegangen am 1. Februar 1976

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. H. Fischer, Dr. sc. techn. René Hirsig, Dr. Dipl.-Natw. Jean Luc Patry, Turnerstr. 1, CH-8006 Zürich

Simulierung eines Lernprozesses mit subjektiven Wahrscheinlichkeiten

von Răzvan ANDONIE, Braşov, Rumänien

Es sei eine Nachricht gegeben, mit dem Zeichenrepertoire $Z_1, Z_2, \ldots, Z_n$; $p_1, \ldots, p_n$ sind die Auftrittswahrscheinlichkeiten der betreffenden Zeichen. Die objektive Entropie der Nachricht von der Länge 1 ist dann:

$$H_{obj} = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log p_i; \qquad \sum_{i=1}^{n} p_i = 1$$

Ein Empfänger kann diese objektive Information nur dann erwarten, wenn er sowohl das Zeichenrepertoire der Nachricht kennt, als auch die objektiven Wahrscheinlichkeiten $p_1, \ldots, p_n$. Angenommen, der Empfänger kennt nur das Zeichenrepertoire $Z_1, \ldots, Z_n$, ist er gezwungen, diesen Zeichen *subjektiv* gewisse zeitabhängige Wahrscheinlichkeiten $w_1(t), \ldots, w_n(t)$ zuzuordnen. In diesem Fall ist für den Empfänger die subjektive Entropie maßgebend (von Cube, 1965; Frank, 1960; Frank, 1962; Gunzenhäuser, 1975):

$$H_{sub} = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log w_i(t); \qquad \sum_{i=1}^{n} w_i(t) = 1$$

Es handelt sich um einen Lernprozeß, innerhalb dessen

$$w_i(t) \rightarrow w_i; \quad i = 1, \ldots, n$$

ist, wobei $w_1, \ldots, w_n$ konstant sind. Diese informationelle Approximierung kann zu zwei Ergebnissen führen:

1. Bei ihrem Abschluß erhalten wir: $w_i = p_i$; $i = 1, \ldots, n$ (perfekte Akkomodation).
2. Bei ihrem Abschluß erhalten wir: $\exists i \in \{1, 2, \ldots, n\}$: $w_i \neq p_i$.

Im Falle einer Nachricht im Gebiete der Kunst (Gunzenhäuser, 1975), können die Werte von H_{sub} nach oben oder unten abweichen, sich also dem H_{obj} nähern oder von ihm entfernen. Es besteht aber immer die Beziehung (Frank, 1960, 1962):

$$H_{sub} \geqslant H_{obj}$$

Die Differenz $H_{sub} - H_{obj}$ heißt *Exzeß*. Während eines Approximationsprozesses verändern sich die subjektiven Wahrscheinlichkeiten (also auch die subjektive Entropie). Es seien $t_1 < t_2$ zwei Zeitpunkte dieses Prozesses. Der Ausdruck:

$$R(t_1, t_2) = \frac{H_{sub}(t_1) - H_{sub}(t_2)}{H_{sub}(t_1)}$$

wird *Lernredundanz* (Gunzenhäuser, 1975) genannt, und wird auf den Zeitabschnitt (t_1, t_2) bezogen.

Im Falle eines Mitteilungsprozesses aus dem Bereich der Kunst wird festgestellt, daß der Exzeß ab- oder zunehmen kann, während die Lernredundanz positive oder negative Werte annehmen kann. Es handelt sich also nicht um einen Negentropieprozeß, bei welchem H_{sub} monoton abnehmende Werte annimmt, wie im Falle eines gewöhnlichen Lernprozesses. Wir stellen weiterhin ein Modell auf für die informationelle Akkomodation an die objektiven Wahrscheinlichkeiten.

Es sei t_0 der Anfangszeitpunkt. Wir nehmen an, daß zum Zeitpunkt t_1 der Empfänger das Zeichen Z_{j_1} schon assimiliert hat.

Wir nehmen ferner an, daß zwischen dem Zeitpunkt t_{k-1} und dem Zeitpunkt t_k, der Empfänger das Zeichen Z_{j_k} assimiliert hat.

Wir nehmen schließlich an, daß die Wahrscheinlichkeiten $w_i(t)$, $i = 1, \ldots, n$, bei jeder neuen Assimilierung diskreten Änderungen unterliegen (die Funktionen $w_i(t)$ werden zu Stufenfunktionen). Wir erhalten so die sukzessiven Schemen:

$$\begin{bmatrix} Z_1 & \ldots & Z_n \\ w_1(t_k) & \ldots & w_n(t_k) \end{bmatrix} \qquad k = 0, 1, 2, \ldots$$

die (in Spezialisierung des Ansatzes von Frank, 1969, Bd. II, 5.4, S. 92/93) folgendermaßen definiert werden:

$$\begin{cases} w_i(t_k) = w_i(t_{k-1}) \cdot \dfrac{n+k-1}{n+k} + \dfrac{\delta_{ij_k}}{n+k}, & \text{für: } k = 1, 2, \ldots \\ & \phantom{\text{für: }} i = 1, \ldots, n \\ w_i(t_0) = \dfrac{1}{n}, \quad i = 1, \ldots, n \end{cases}$$

wobei δ_{ij_k} das Kroneckersymbol darstellt, und zwischen den Zeitpunkten t_{k-1} und t_k das Zeichen Z_{j_k} assimiliert wurde. Für den Anfangszeitpunkt haben wir also die gleichmäßige Verteilung angenommen. Wir nehmen weiterhin an, daß der Empfänger die Zeichen $Z_{j_1}, \ldots Z_{j_k}$ der Reihe nach assimiliert hat, so daß er das Schema:

$$\begin{bmatrix} Z_1 & \ldots & Z_n \\ w_1(t_k) & \ldots & w_n(t_k) \end{bmatrix}$$

erreicht. In diesem Fall wird die subjektive informationelle Entropie folgendermaßen definiert (vgl. Bild 1).

$$H_k^{j_1 j_2 \ldots j_k} = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log w_i(t_k)$$

und sie zeigt die Unbestimmtheit an, welche subjektiv für die Assimilierung des Zeichens in der nächsten Etappe vorliegt. Wir nehmen weiterhin die Entropien:

$$H_k^{j_1 \ldots j_k}, \quad k = 1, 2, \ldots$$

an, wobei:

$$H_0 = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log w_i(t_0) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log \frac{1}{n} = {}^2\log n$$

die für die maximale Unbestimmtheit charakteristische Entropie darstellt, welche vor der Assimilierung der Zeichenfolge vorliegt.

Z_{j_1} Z_{j_2}

t_0 t_1 t_2 ...

H_0 $H_1^{j_1}$ $H_2^{j_1 j_2}$ ...

Bild 1

Theorem

Falls $i \in \{1, \ldots, n\}$, gilt für alle $\epsilon > 0$:
$\lim_{k \to \infty} P \; (|w_i(t_k) - p_i| < \epsilon) = 1$.

Also strebt die Folge $(w_i(t_k))_{k \in \mathbb{N} \cup \{0\}}$ mit Wahrscheinlichkeit nach p_i. (Vgl. die Ableitung der entsprechenden Aussage bei Frank, 1969.)

Folgerung 1

$\lim_{k \to \infty} P \; ((H_k^{j_1 \ldots j_k} - H) < \epsilon) = 1$

für $\forall \; \epsilon > 0$, also $(H_k^{j_1 \ldots j_k})_{k \in \mathbb{N}}$ strebt mit Wahrscheinlichkeit nach H, wobei:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, {}^2\log p_i$$

Folgerung 2

$\lim_{k \to \infty} P \; (|H_k^{j_1 \ldots j_k} - H_{k+r}^{j_1 \ldots j_{k+r}}| < \epsilon) = 1$

für $\forall \; \epsilon > 0$ und $\forall r \in \mathbb{N}$

Wir bemerken, daß dieses Modell keine Monotonie in der Folge der subjektiven Entropien voraussetzt. Es entspricht also in dieser Hinsicht dem für die künstlerische Mitteilung charakteristischen informationellen Approximationsprozeß. Aus der Folgerung 2 ist zu ersehen, daß die Lernredundanz für zwei genügend voneinander entfernte Zeitpunkte mit Wahrscheinlichkeit nach Null strebt. Der Empfänger kann also nach einer bestimmten Dauer keine wesentliche Ordnung mehr entnehmen. Aus der Folgerung 2 ist weiterhin zu ersehen, daß auch die subjektive Entropie nicht mehr wesentlich verändert werden kann. Dadurch, daß der Empfänger nicht mehr an einem negentropischen oder entropischen Prozeß teilnimmt, kann man annehmen, daß er „gelernt" hat, sich also an das gegebene Repertoire angepaßt hat. Andererseits ergibt sich aus dem Theorem 1 und der Folgerung 1 die Tatsache, daß die Anpassung perfekt ist, da sich der Empfänger den objektiven informationellen Charakteristika bestmöglich annähern kann. Das vorgeschlagene Modell bezieht sich auf die sequentielle Aufnahme einzelner Zeichen, zum Unterschied von der Frankschen Formel (Frank, 1960), die in diesem Falle nicht mehr gültig ist. Gleichfalls bin ich der Meinung, daß die Einführung der relativen Frequenzen (objektiven Wahrscheinlichkeiten) in die Formel wie bei Frank, zu einer zu großen Approximierung führt, welche die Geschichtlichkeit des Prozesses verliert. Aus diesem Grund habe ich ein dynamisches Modell vorgezogen. Die Initialwerte können selbstverständlich auch anders angenommen werden.

Von diesen in (Andonie, 1977, a, b, c) ausführlich dargestellten theoretischen Ergebnissen ausgehend, wurde eine Simulierung auf dem Rechner IBM-360 vorgenommen. Unter der Voraussetzung, daß die objektiven Wahrscheinlichkeiten bekannt sind, werden, ohne Durchführung der eigentlichen Experimente, die subjektiven Wahrscheinlichkeiten nach dem gegebenen iterativen Verfahren errechnet. Wir simulieren also die durch die objektiven Wahrscheinlichkeiten gegebene aleatorische Variable und erhalten die Folge $Z_{j_1}, Z_{j_2}, \ldots, Z_{j_n}$. Die Nachricht wird also nicht mehr aufgenommen, sondern nur ihre Aufnahme simuliert.

Das Simulierungsprogramm (in FORTRAN) bedient sich eines vorab getesteten, multiplikativ-kongruentiellen pseudoaleatorischen Zahlengenerators. Mit Hilfe dieser Zahlen wird die benötigte diskrete aleatorische Variable generiert. Numerische Ergebnisse:

1. Für die Verteilung mit den Wahrscheinlichkeiten p_i (0,1; 0,2; 0,3; 0; 0,2; 0,1; 0,05; 0,03; 0; 0,02)
   ist H_{obj} = 2,5950
   und H_{sub} = 2,6410 (nach 100 Iterationen)
2. Für die Verteilung (0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0)
   ist H_{obj} = 0
   und H_{sub} = 0,1231 (nach 100 Iterationen)

3. Für (0,2; 0,8; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)
   ist H_{obj} = 0,7219
   und H_{sub} = 0,8335 (nach 100 Iterationen).

Während der Simulierung ist zu bemerken, wie die subjektiven Wahrscheinlichkeiten und Entropien unmonoton zu den objektiven Werten streben. Wir haben immer $H_{sub} \geqslant H_{obj}$. Außer der Bestätigung der theoretischen Ergebnisse wird auf diese Art eine erstmalige empirische Approximation der Steilheit der Konvergenz erzielt. Nach 100 Iterationen beträgt der Exzeß, in den untersuchten Fällen, Zehntelwerte.

Zusammenfassend unterscheiden wir zwei Fälle:

1. Die objektiven Wahrscheinlichkeiten der für die Nachricht verwendeten Zeichen sind bekannt. In diesem Fall können wir die Aufnahme der Nachricht simulieren, und wir erhalten die Werte der Wahrscheinlichkeiten und der subjektiven Entropie für eine begrenzte Anzahl von Experimenten. Diese Werte sind charakteristisch für die betreffende Nachricht, da sie die Anpassung des Empfängers widerspiegeln. In der mathematischen Linguistik wird die objektive Entropie des Textes als ein Parameter des betreffenden Stils betrachtet. Die zusätzliche Einbeziehung der durch Simulierung erhaltenen Werte der subjektiven Entropie führt zu einer genaueren Charakterisierung. Zur Errechnung der subjektiven Werte werden keine weiteren Daten als für die Errechnung der objektiven Entropie benötigt (objektive Wahrscheinlichkeiten und Länge des Textes). Wir können also wohl die errechnete subjektive Entropie als auch die objektive Entropie als Charakteristikum für die Verteilung der Zeichen in dem betreffenden Text betrachten. Auf diese Art ist es möglich, mit Hilfe der kybernetischen Modellierung (Analyse, Modellierung, Simulierung, Interpretation) ein neues Kritierum für die Bewertung eines Textes zu erhalten, wobei gleichzeitig eine operative Errechnungsmethode geboten wird. Diese Ergebnisse können möglicherweise in der kybernetischen Ästhetik angewandt werden, da die ästhetischen Parameter (ästhetisches Maß, ästhetische Information, Superierungsart) neuartig aufgegriffen werden können.

2. Die objektiven Wahrscheinlichkeiten sind nicht bekannt. In diesem Fall ist die Simulierung nicht mehr möglich. Die Formel für die Errechnung der subjektiven Wahrscheinlichkeiten bleibt allerdings gültig. Die Nachricht wird aufgenommen und bei jedem Schritt liegt eine neue Approximierung der objektiven Wahrscheinlichkeiten durch die subjektiven Werte vor. Wird mit dem Rechner gearbeitet, sind die Eingabedaten folgende:

a) Anzahl der Zeichen der Nachricht
b) Je ein Element der Nachricht bei jeder Iteration (sequentielle Eingabe der realen Nachricht).

Der Rechner führt eine iterative Approximierung der objektiven Wahrscheinlichkeiten durch. Diese bleiben allerdings unbekannt.

Ein solches Programm kann bei der Mustererkennung von Gegenständen oder Phänomenen verwendet werden.

Schrifttum

Andonie, Răzvan: Estetica cibernetica (Kybernetische Ästhetik), in: Contributii studentesti la cercetarea stiintifica (Beiträge der Studenten zur wissenschaftlichen Forschung), Cluj-Napoca, 1977a
Andonie, Răzvan: Aplicatii ale esteticii cibernetice in design (Anwendung der kybernetischen Ästhetik in der Designtheorie), Universität Babes-Bolyai, Cluj-Napoca, 1977b
Andonie, Răzvan: Model cibernetic al relatiei artist-consumator (Kybernetisches Modell der Beziehung Künster-Verbraucher), Studia Univ. Babes-Bolyai, Seria Mathematica, 2, 1977c
Frank, Helmar: Über das Intelligenzproblem in der Informationspsychologie, GrKG 1/3, 1960
Frank, Helmar: Quelques résultats théoretiques et empiriques concernant l'accomodation informationelle, I. R. E. Transaction on Information Theory, 5, 1962
Frank, Helmar: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, 2. Aufl., Baden-Baden, 1969
Gunzenhäuser, Rul: Maß und Information als ästhetische Kategorien, Agis Verlag, 1975
von Cube, Felix: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens, Stuttgart, 1965
Weltner, Klaus: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft, Schnelle, Quickborn, 1970

Eingegangen am 23. Februar 1979

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Math. Răzvan Andonie, Nisipului de Jos 25, 2200 Braşov, Rumänien

Programmatische Notiz zur Wissenschaftssystematik als Basis für die Konstruktion von Wissenschaftsinformationssystemen

von Arnold SCHWENDTKE
aus der Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Abteilung Koblenz

1. *Problemstellung*

Die Entwicklung neuer logischer Datenstrukturen für wissenschaftliche Informationssysteme führt gegenwärtig vor allem in den USA zu Überlegungen hinsichtlich der Ausarbeitung experimenteller Modellsprachen zur Indexbildung und Suchstrategienentfaltung für die automatische Dokumentation. Ein weiterer Anwendungsbereich erschließt sich auf dem Sektor der Ingenieur- und Naturwissenschaften beim Aufbau sogenannter „automatisierter Kalkulatoren und Kombinatoren", d.h. Datensätze in der Kunststoffchemie und Metallurgie, die aus ihrer inneren Struktur her, vom vorhandenen Formelsatz und der dazugehörigen Aussagenmenge etwa neue, bislang unbekannte Molekurlarverbindungen für den technischen Bereich ausweisen. Dadurch läßt sich der Forschungsaufwand in einigen naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen verringern.

Bei exponentiellen Wachstumsquoten wissenschaftlicher Dokumente, etwa in der Biologie oder in den angewandten Sozialwissenschaften, lassen sich anfallende Daten nur noch über komplexitätsreduzierende Sprachmodelle oder systematisierte Aussageklassen von Wissenschaften erfassen. Die Entscheidungen für die eine oder andere Aussageklasse wird nach forschungspolitischen und forschungsstrategischen Gesichtspunkten gefällt. Beim gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Entwicklungen bieten Aussageklassen zu empirischen Methoden, etwa wie bei der Etablierung einer Methodendatenbank für Umweltpolitik in Berlin, die beste Gewähr für höchstmögliche Effizienz beim Aufbau von Wissenschaftsdatenbanken. Dasselbe gilt auch für die Sozial- und Erziehungswissenschaften. Eine Ausnahme bilden dabei die oben angeführten Ingenieur- und Naturwissenschaften. Als eines der gegenwärtig höchst entwickelten Systeme dieser Art gilt das von Gerald Salton für die New York Times entwickelte SMART-System auf einer Basiskombination von Logistik und pragmatischer Linguistik. In der Sowjetunion arbeitet eine Gruppe von Philosophen und Mathematikern in der Moskauer Akademie der Wissenschaften daran, die allgemeine Systemtheorie über die Formalisierung dialektischer Kategorien, wie die des Übergangs, der Vermittlung als Ausdruck mehrfach reflexiver Relationen u.a. für Anwendungsbereiche der sogenannten fünften Computergeneration zu entwickeln. In der Bundesrepublik werden dazu parallele Überlegungen angestellt. Eine Forschungsrichtung umfaßt Untersuchun-

gen zur Empirie unterschiedlich strukturierter Wissenschaftssysteme im Rahmen der „Wissenschaftswissenschaft" (vergl. Fiedler, 1968, Wohlgenannt, 1969).

Die zweite Richtung strebt eine Weiterentwicklung der allgemeinen Systemtheorie über Konzeptionen von Struktur- und Prozeßlogik an. Im Mittelpunkt dieser Überlegungen stehen ebenso wie in der UdSSR Kalküle zu mehrfach reflexiven Relationen, etwa zur Anwendung neuer Operatoren in der Schwellenwert- oder Strukturlogik. Erkenntnisleitendes Rahmensystem bildet dabei die „morphogenetische Logik" des Nobelpreisträgers Prigogine, die dieser als metakybernetische Logik bezeichnet (vergl. Maruyama, 1978). Umgesetzt ergeben diese Konzepte wirksamere Formalisierungsmöglichkeiten in der nonmetrischen Topologie für die biologische Grundlagenforschung oder zur Setzung neuer ökonomischer Modelle in der volkswirtschaftlichen Planungs- und Strategielehre.

2. *Systemdefinitionen*

Alle bislang bekannten Theoreme einer allgemeinen Systemtheorie, etwa auf der Basis von Mengentheorien, scheinen hinsichtlich ihrer formalen Struktur nicht mehr den Realitäten wissenschaftlicher Objektbereiche und Aussageformen angemessen. Mit den paradigmatischen Begriffen von System, Systemgrenze, Systemumwelt und anderen läßt sich die hyperkomplexe Struktur von Objekt und notwendiger Sprache für viele Disziplinen nicht mehr realitätsannähernd erfassen. Die Modi von allgemeiner Systemtheorie müssen deshalb oberhalb eines noch zu bestimmenden Komplexitätsgrades erweitert und zueinander in Beziehungen gebracht werden, etwa im Kontext zu Prozeß, Relation und Struktur. Abgesehen von den Einwänden des Mathematikers Gödel gegen eine totale Bestimmung von Systemelementen gilt es, an eine wissenschaftsgeschichtliche Tradition des Denkmodells von serieller Dialektik anzuknüpfen, wie sie sich in den Fourierschen Reihen darstellt (vergl. Queneau, 1967).

3. *Klassifikatorische und systematische Konzeption für Datenbanken*

Die Zielsetzung empirischer und pragmatischer Wissenschaftssystematik liegt in diesem Zusammenhang darin, Begriffsumfelder und Aussagegruppen sinnvoll zu indexieren und zu suchen. Ein Grund besteht darin, daß die gegenwärtig existierenden Literaturdatenbanken zu hoch redundant arbeiten. Als Ausgangsstruktur für ein vom Autor selbst entwickeltes Modell von Empirischer Wissenschaftssystematik (EWS) dient ein wissenschaftsgeschichtlich orientiertes Ensemble von axiomatischen Begriffen, die verknüpft drei Dimensionsbereiche umfassen: den Gültigkeitsbereich, den Geltungsbereich und den Kontextbereich.

Unter Gültigkeitsbereich ist die Klasse aller Aussagen über das jeweilige Objekt wissenschaftlicher Forschung zu verstehen. Mit Gültigkeit wird angegeben, ob und in wel-

chem Maße eine Kategorie oder eine Aussagenmenge über den ursprünglichen Gültigkeitsbereich hinaus in anderen Disziplinen angewandt wird, wie etwa die Kategorie des Feldes, die von der Physik in die Psychologie umgesetzt wurde. Analogien aus den experimentellen Naturwissenschaften waren ja bislang wissenschaftsgeschichtlich bei der Bildung von Themen, Paradigmen, Sichtweisen (approaches) und Theorien von ausschlaggebender Bedeutung. Im Kontextbereich werden Kategorien auf drei logischen Ebenen erfaßt. Die erste Ebene schließt in Sektoren die jeweiligen Definitionen ein, wie Nominal-, Real- und Kontextdefinition sowie operationale Definitionen. Eine zweite Ebene erfaßt Definitionsketten, während auf der dritten Ebene wiederum wissenschaftsgeschichtlich auf die „Muttertheorie" verwiesen wird. Einen wertvollen Ansatz in der Methodologie von Geschichte der Naturwissenschaften vermittelt das Dimensionierungskonzept von Houlton (vergl. Houlton, 1974). Ein anwendungsbezogenes kybernetisches Konzept für Verknüfungsstrukturen bietet Zadeh mit seinen „Verwandtschaftsrelationen" (vergl. Zadeh, 1965).

Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auch auf eine Gefahr, die bei jeder Systematisierung droht, nämlich die der Einebnung von verästelten Feinstrukturen in der Wissenschaftsgeschichte. Eine verknüpfte Mehrbereichssystematik als offenes System für notwendige Anschlußstellen zu neuen Datensätzen und Aussagestrukturen ermöglicht aber dennoch die gegenwärtig optimale Erfassung der natürlichen Entwicklung einer Wissenschaft, schrittweise über Fragestellungen, Thematisierungen, Paradigmabildungen und Kategorienfelder bis zu Theorienformulierungen und Ablaufstrukturen von Experimenten sowie empirischen Untersuchungen.

Über das Grundmodell von EWS werden anschließend approximativ reale Modelle entwickelt, etwa private Datenspeicher für Mediziner, Biologen, Juristen oder Sozialwissenschaftler, die mit den Fortentwicklungen ihrer Disziplinen Schritt halten wollen. Es ist eine Kostenfrage, ob wissenschafts- bzw. disziplinbegleitende Datensysteme zusätzlich erfaßt werden, oder ob dafür Anschlußstellen in der dritten Ebene des Kontextbereiches benutzt werden, etwa um Parallel- und Folgeaussagen zwischen Naturphilosophie und experimenteller Physik zu erfassen.

Wissenschaftliche Informationsspeicher sind aber nicht zuletzt durch Synonyme und Analogien auf interdisziplinäre Korrespondenzen angewiesen, denn Wissenschaft als Ideen- und Aussagesystem ist wechselseitig reflexiv verflochten. So erfaßt empirische Wissenschaftssystematik zuerst über eine Typisierung von Disziplinen nach dem Konzept von „Strukturtypus" die internen Subsysteme, um etwa in der Medizin den Objektbereich „psychosomatische Erkrankungen" mit dem des Objektbereichs „Therapien und medizinische Techniken" zu verbinden. Bezogen auf dieses Beispiel sind Objektbereich und Gültigkeitsbereich im EWS-System identisch. Die Übermittlung derartiger Informationen ist beim gegenwärtigen Entwicklungsstand von Rechnersystemen kein unlösbares Problem.

4. *Abschließende Anmerkungen zur Praxisforschung*

Die bisherigen Überlegungen zur Entwicklung von neuen Modellen wissenschaftlicher Informationssysteme und Datenbanken gehen aus von Forschungsentwürfen des Autors am Hochschulrechenzentrum in Koblenz zur automatisierten Lexikalistik für Institute und Privatpersonen. Die Strukturentwicklungen bezogen sich dabei auf die Wissenschaftsbereiche von Humanökologie sowie auf angewandte Sozialwissenschaften (Sozialpolitik, Gesundheitspolitik, Sozialarbeit, außerschulische Erziehungswissenschaften).

Überlegungen zu „automatisierten Kalkulatoren und Kombinatoren" wurden abgeleitet aus amerikanischen Entwicklungen, wobei mit Medizinern anläßlich einer Internationalen Tagung für Humanökologie in Wien, 1976 über die mögliche Verwertbarkeit dieses zweiten Konzeptes in der Arzneimittel- und Krebsforschung diskutiert wurde. Die wissenschaftsgeschichtliche Methodik bearbeitet Prof. Dr. Arno Müller, Frankfurt/M.

Schrifttum

Fiedler, F.: Die Wissenschaft als Gegenstand der Wissenschaft, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 16 (1968), S. 558ff.
siehe auch:
Bunge, M. (1967): Scientific research I, New York
Houlton, G. (1974): Thematic origins of scientific thought, Cambridge, Mass.
Maruyama, M. (1978): The epistemological revolution, Futures, June, S. 241/242
Queneau, R. (1967): Mathematik von morgen, München, 1967, siehe dort: Die Mathematik in der Klassifizierung von Wissenschaften, S. 147 ff.
Wohlgenannt, R. (1969): Was ist Wissenschaft, Braunschweig, 1969, S. 197 ff.
Anmerkung: Wohlgenannt definiert Wissenschaft über Aussagen und Aussagesysteme weitgehend klassischer Disziplinen ohne die Bezeichnung Wissenschaft für interdisziplinäre Disziplinen oder interdisziplinäre approaches etwa vom Typus Humanökologie gelten zu lassen. Umstritten bleibt auch die Geltung der Bezeichnung Wissenschaft für die angewandten Wissenschaften, etwa Sozialwissenschaften, Organisations- und Planungswissenschaften, denen teilweise vorläufig nur der Status einer Methodenlehre zugebilligt wird.
Zadeh, L.A. (1965): Fuzzy Sets, Information and Control, Nr. 8, S. 338ff.

Eingegangen am 26. Januar 1979

Anschrift des Verfassers:

Prof. Arnold Schwendtke, Tarforsterstr. 43a, D-5500 Trier

Die Fundamentalthese als Grundlage zur Beschreibung von Methode und Gegenstand der Kybernetischen Pädagogik

von W.D. Ekkehard BINK, Hamburg

1. *Der Standort der Kybernetischen Pädagogik*

Gegenstand dieser Betrachtungen ist der grundsätzliche Forschungsgegenstand der Kybernetischen Pädagogik und nicht ihre bisherigen Ergebnisse. Dazu sind einige Angaben über den Charakter der Kybernetischen Pädagogik und ihre Einordnung in die allgemeine Pädagogik notwendig. Die Pädagogik zerfällt in zwei von ihren Zielsetzungen grundsätzlich verschiedene Zweige:

a) Der eine Zweig ist eine lediglich auf Erkenntnis gerichtete Wissenschaft, den wir als „grundwissenschaftliche Pädagogik" bezeichnen. Ihr Ziel ist es, alle Vorgänge des Lehrens und Lernens zu untersuchen, und diese im Sinne einer deskriptiven Wissenschaft systematisch zu ordnen, zu beschreiben und auf allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen. Die grundwissenschaftliche Pädagogik ist eine empirische Wissenschaft, was nicht ausschließt, daß es eine Reihe von pädagogischen Aussagen gibt, die keiner empirischen Verifikation bedürfen, sondern aus allgemeineren Gesetzen herleitbar sind.

b) Den zweiten Zweig der Pädagogik kann man als Lehre von der Technik des Lehrens und Lernens charakterisieren. Aufgabe dieses Zweiges ist es, Strategien für auf bestimmte Ziele gerichtetes Handeln zu entwickeln. Wir wollen ihn als „technologische Pädagogik" bezeichnen, weil es sich hierbei offensichtlich um eine „Technologie" im weiteren Sinne des Wortes handelt.

Zwischen diesen beiden Teilgebieten besteht ein enger Zusammenhang vor allem in dem Sinne, daß die grundwissenschaftliche Pädagogik die Einsichten und das Handwerkszeug bereitstellt, die in dem technologischen Zweig benötigt werden. Die beiden Teilgebiete stehen in einem ähnlichen Verhältnis zueinander wie die Physik und die (physikalische) Technik. Andererseits liefert die technologische Pädagogik vorwiegend die Problemstellungen, die in der grundwissenschaftlichen Disziplin untersucht werden.

Die Kybernetische Pädagogik verfügt über Anteile in beiden Teilgebieten. Als grundwissenschaftliche Pädagogik befaßt sie sich u.a. mit folgenden Problemkomplexen:

– Sie untersucht Lehr- und Lernprozesse unter dem Aspekt der Informationsverarbeitung und des Austausches von Information. Dabei werden die auftretenden Informationsgehalte zahlenmäßig erfaßt und etwaige funktionale Abhängigkeiten zu anderen quantitativ faßbaren Größen ermittelt.
– Die Kybernetische Pädagogik stellt zur Simulation von Lehr- und Lernvorgängen,

bzw. zu Teilaspekten von diesen, mathematische Modelle bereit, die eine wesentliche Erweiterung der pädagogischen Methodologie darstellen.

In der technologischen Pädagogik entwickelt sie kybernetisch begründete Verfahren zur Realisation von Lehr- und Lernprozessen. Hierzu gehören u.a. solche, die als Regelkreis zwischen Lehrer und Lerner aufgefaßt werden können.

2. *Einige grundlegende Definitionen*

Zur Entwicklung des Begriffsapparates sind zuerst einige Grundbegriffe einzuführen:

Definition 1: Kybernetisches System

Ein kybernetisches System ist ein solches, das Information (Nachrichten) aufnehmen, abgeben und verarbeiten kann.

Reine Informationsträger, die Information nur aufnehmen und (unverändert) abgeben können, wie z.B. ein Tonband oder ein Notizblock, sind keine kybernetischen Systeme. Uns interessieren vorrangig Prozesse der Informationsverarbeitung wie Steuern, Regeln, Lernen und Denken. Lernen ist also eine spezielle Informationsverarbeitung. Nur bestimmte kybernetische Systeme können lernen.

Definition 2: Lernprozeß

Ein Lernprozeß ist die *Aneignung* einer bestimmten, zunächst nicht vorhandenen, beliebig oft wiederholbaren *Verhaltensweise* eines kybernetischen Systems, die über längere Zeit verfügbar ist und bestimmten Optimierungskriterien genügt.

Es reicht aus, daß diese Verhaltensweise mit einer bestimmten (meßbaren) über Null liegenden Wahrscheinlichkeit eintritt. Die Erhöhung einer solchen Wahrscheinlichkeit selbst ist schon ein Lernprozeß im weiteren Sinne. Ein Optimierungskriterium kann z.B. sein: in eine Fremdsprache eine möglichst große Anzahl von Vokabeln übersetzen zu können. Als Optimierungskriterium fassen wir auch die Bedingung auf, ein Problem überhaupt sachgerecht lösen zu können.

Die Kybernetik beschäftigt sich mit *allen* kybernetischen Systemen. Die Kybernetische Pädagogik untersucht nur die Verhaltensweisen *lernender Systeme,* die wir auch „Lernsysteme" nennen. Ist ein Lernsystem eine Person, so sprechen wir auch von „Lerner".

3. *Der Objektivierungsbegriff nach Hermann Schmidt*

In der Kybernetischen Pädagogik wird vielfach der Begriff der „Objektivierung" benutzt, der auf eine entsprechende Definition von Hermann Schmidt zurückgeht. Wir verweisen hier auf eine von Helmar Frank gegebene Definition. Demnach liegt eine *Objektivierung* stets dann vor, wenn eine „vom Menschen absichtlich ausgeübte Funktion" auf ein hierfür zur Verfügung gestelltes „Objekt" (z.B. einen Automaten) *übertragen* wird. (Vgl. H. Frank 1969, S. 17). Die *Ausübung* dieser Funktion wird *Objektivation* genannt.

Die Funktionen, die hier vom Menschen ausgeübt und auf einen Automaten übertragen werden, sind in der Kybernetischen Pädagogik Lehrfunktionen. Diese Begriffsbildungen spielen eine wesentliche Rolle bei der Konstruktion von Lehrautomaten und in der Theorie der Formaldidaktiken. Wir benötigen den Begriff „objektiv" auf einer anderen Begriffsebene und verwenden ihn etwa im Sinne von „intersubjektiv".

4. *Objektiv beschreibbare Vorgänge*

Unter objektiv beschreibbaren Vorgängen verstehen wir im Prinzip solche, die Untersuchungsgegenstand der Naturwissenschaften sind. Wir gehen davon aus, daß es auch in der (Kybernetischen) Pädagogik objektiv beschreibbare Vorgänge gibt. Wir definieren diesen Begriff wie folgt:

Definition 3: Objektiv beschreibbarer Vorgang

Wir nennen einen *Vorgang* oder den *Teilvorgang* eines komplexeren Vorganges *objektiv beschreibbar,* wenn dieser folgenden Bedingungen genügt:

Axiom 1: Es gibt eine nichtleere Menge von Eingangsvariablen:

$$\mathfrak{v}_E = \{v_{E1}, v_{E2}, \ldots, v_{En}\}$$

Axiom 2: Es gibt eine nichtleere Menge von Ausgangsvariablen:

$$\mathfrak{v}_A = \{v_{A1}, v_{A2}, \ldots, v_{Am}\}$$

Axiom 3: Es existiert eine Beschreibung in dem $(n+m)$-dimensionalen Zustandsraum derart, daß jedem n-Tupel von Werten der Eingangsvariablen stets jeder Ausgangsvariablen $v_{Ar} \in \mathfrak{v}_A$ genau ein Wert oder genau eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zugeordnet ist.

Eine Zustandsbeschreibung, bei der allen Ausgangsvariablen stets genau ein Wert zugeordnet ist, nennen wir *deterministisch,* jede andere *stochastisch.*

Die folgende Aussage geht über die Definition des objektiv beschreibbaren Vorganges hinaus. Sie stellt eine Beziehung zwischen mathematischen Modellen und einem solchen Vorgang her. Wir führen sie als Axiom ein:

Axiom 4: Mathematisierbarkeitsprinzip

Jeder objektiv beschreibbare Vorgang ist in beliebig guter Annäherung auf ein mathematisches Modell abbildbar.

Mit den objektiv beschreibbaren Vorgängen sind zunächst die realen Vorgänge gemeint, bei denen stets nur endlich viele Parameter auftreten. Die *Endlichkeit* ist implizit in den Axiomen 1 und 2 enthalten, in denen die Anzahl der Eingangs- bzw. Ausgangs-

variablen als endlich vorausgesetzt wird. Darüberhinaus sind mit den objektiv beschreibbaren Vorgängen auch abstrakte (gedachte) Vorgänge gemeint, sofern sie den Axiomen der Definition 3 genügen. Dies trifft z.B. auf Vorgänge zu, die aus der Ausführung eines Algorithmus bestehen.

Wir setzen ferner einen Sachzusammenhang voraus, der in einer (geeigneten Form der) Automatentheorie ableitbar wäre. Da wir die Automatentheorie hier nicht systematisch einführen, geben wir ihn auch als Axiom an:

Axiom 5: (Satz der Automatentheorie)

Jedes endliche mathematische Modell ist in beliebig guter Annäherung durch einen Automaten simulierbar.

Wir erklären folgende Abkürzungen:

OB (*Vo*)	$=_{\text{Def}}$	Der Vorgang *Vo* ist objektiv beschreibbar im Sinne von Definition 3.
AB (*MM*, *Vo*)	$=_{\text{Def}}$	Der Vorgang *Vo* ist durch ein mathematisches Modell *MM* (in beliebig guter Annäherung) abbildbar.
SI (*AU*, *Vo*)	$=_{\text{Def}}$	Der Vorgang *Vo* ist durch einen Automaten *AU* (in beliebig guter Annäherung) simulierbar.

Damit lauten:

Axiom 4: $\text{OB}(Vo) \Rightarrow \exists\, MM, \text{AB}(MM, Vo)$

Axiom 5: $\forall\, Vo\ [\exists\, MM, \text{AB}(MM, Vo) \Rightarrow \exists\, AU, \text{SI}(AU, Vo)]$

Nach diesen Vorbereitungen können wir folgende Behauptung aussprechen:

Satz 1

Jeder objektiv beschreibbare Vorgang ist durch einen Automaten in beliebig guter Annäherung simulierbar.

D.h.:

$$\forall\, Vo\ [\text{OB}(Vo) \Rightarrow \exists\, AU, \text{SI}(AU, Vo)]$$

Der *Beweis* von Satz 1 ergibt sich unmittelbar aus den Axiomen 4 und 5.

5. *Die Fundamentalthese der Kybernetischen Pädagogik*

Wir bezeichnen mit *LVo* einen Vorgang, der mindestens anteilig einen Lehr- oder Lernprozeß enthält. Dazu gehören alle Arten von Unterricht und autonomem Lernen. Damit wäre aber auch ein nur innerhalb des Lernsystems ablaufender Informationsverarbeitungsprozeß gemeint, sofern dieser einen Lerneffekt bewirkt. Ein Beispiel für einen solchen Vorgang: Dem Lerner fällt — nach einigem Nachdenken — der Lösungsansatz für ein Sachproblem ein.

Wir stellen folgende These auf, die aus systematischen Gründen ebenfalls als Axiom bezeichnet wird:

Axiom 6: Fundamentalthese der Kybernetischen Pädagogik

Jeder Vorgang des autonomen Lernens, der Wirkung des Lehrens, sowie der einen Lerneffekt bewirkenden systeminternen Informationsverarbeitung ist für alle Lernsysteme und Lernern objektiv beschreibbar.

D.h.:

$$\forall\, LVo, \text{OB}(LVo)$$

Mit dieser These ist gemeint, daß es *prinzipiell möglich* ist, jeden Lernvorgang objektiv zu beschreiben. Das bedeutet nicht, daß ein solches Vorhaben leicht auszuführen ist. Wir sind im Gegenteil der Meinung, daß es großer Anstrengungen und erheblicher Forschung bedarf, um dies für einige komplexere Lernvorgänge zu erreichen. Zum Teil sind hier völlig neue Verfahren erforderlich. Wir erinnern dabei an die grundsätzlichen Schwierigkeiten, die sich in einer Theorie der internen Modelle ergeben (vgl. Klaus Weltner 1970).

Die Fundamentalthese steht in einer gewissen Analogie zu der These der Biologie, die besagt, daß alle biologischen Vorgänge letzten Endes auf chemische und physikalische Vorgänge zurückführbar sind. Das ist eine These, der zumindest wissenschaftsgeschichtlich gesehen widersprochen wurde: Es widersprachen ihr die Theorien des Vitalismus und später des Neovitalismus. Wenn man diese heute als gültig angenommene These der Biologie akzeptiert, so heißt das noch nicht, daß man tatsächlich alle wesentlichen komplexen biologischen Vorgänge auf chemisch-physikalische Prozesse zurückführen kann. Es wird nur die prinzipielle Möglichkeit dazu behauptet. Wie groß hier die Schwierigkeiten sind, hat sich bei der erst in letzter Zeit erfolgten Entschlüsselung des genetischen Codes gezeigt. Man kann vermuten, daß die Komplexität bei Lernprozessen kaum geringer ist. Bei den Lernvorgängen im Gehirn überschneiden sich ohnehin diese beiden Bereiche. Sowohl in der Biologie als auch bei Lernprozessen ist es denkbar, daß die Komplexität in bestimmten Fällen so groß ist, daß sich diese faktisch einer vollständigen Analyse entziehen.

Aus der Fundamentalthese ergibt sich folgende Aussage:

Satz 2

Jeder Vorgang des autonomen Lernens, der Wirkung des Lehrens, sowie der einen Lernerffekt bewirkenden systeminternen Informationsverarbeitung ist für alle Lernsysteme und Lerner in beliebig guter Annäherung auf mathematische Modelle abbildbar und durch Automaten simulierbar.

D.h.:

$$\forall\, LVo\ [\exists\, MM, \text{AB}(MM, LVo) \wedge \exists\, AU, \text{SI}(AU, LVo)]$$

Beweis: Aus Axiom 6:

(1) $\forall\, LVo,\ OB(LVo)$

und Axiom 4:

(2) $OB(Vo) \Rightarrow \exists\, MM,\ AB(MM, Vo)$

folgt:

(3) $\forall\, LVo\ [\ \exists\, MM,\ AB(MM, LVo)\ ]$

Mit Axiom 5:

(4) $\forall\, Vo[\ \exists\, MM,\ AB(MM, Vo) \Rightarrow \exists\, AU,\ SI(AU, Vo)\ ]$

folgt aus (3):

(5) $\forall\, LVo\ [\ \exists AU,\ SI(AU, LVo)\ ]$

Aus (3) und (5) ergibt sich die Behauptung:

(6) $\forall\, LVo\ [\ \exists\, MM,\ AB(MM, LVo) \wedge \exists\ AU,\ SI(AU, LVo)\ ]$

6. *Folgerungen und die Bedeutung der Fundamentalthese*

Nachdem wir an diesen Punkt gelangt sind, könnten wir damit beginnen, für Lern- und Lehrprozesse mathematische Modelle zu entwerfen und diese – wenn es zweckmäßig erscheint – durch Rechenanlagen simulieren zu lassen. Das ist jedoch längst geschehen. Zweck dieser Überlegungen sollte sein, für die Entwicklung solcher Modelle gewisse wissenschaftstheoretische und methodische Grundlagen zu liefern. Wie schon so oft wird auch hier die Begründung nachgeliefert. Das ist – wie die Wissenschaftsgeschichte zeigt – nicht unbedingt ein Nachteil und hat oft zu positiven Impulsen in dem betreffenden Fach geführt, die vielleicht auch in diesem Fall ausgelöst werden.

In welcher Hinsicht die Fundamentalthese die wissenschaftliche Diskussion verschärfen könnte, sei unter Bezugnahme auf ein klassisches Beispiel der Kybernetischen Pädagogik, das Psychostrukturmodell (Helmar Frank 1966), erläutert: Ein Pädagoge *N* kritisiere das Psychostrukturmodell. Wir unterscheiden dann zwei Fälle:

Fall A: Der Pädagoge *N* akzeptiert die Fundamentalthese. Dann werden wir uns mit ihm insofern einigen können, daß das Psychostrukturmodell verbessert oder durch ein besseres ersetzt werden kann. Der Pädagoge *N* wird also seine Kritik sachbezogen auf bestimmte Eigenschaften des Psychostrukturmodells präzisieren können.

Fall B: Der Pädagoge *N* akzeptiert die Fundamentalthese nicht. Das bedeutet, daß er überhaupt das Bilden solcher Modelle für sinnlos hält. In diesem Fall fehlt zwischen ihm und uns eine gemeinsame Diskussionsgrundlage. – Das ist nicht als polemische Bemerkung, sondern als eine klare Sachaussage gemeint.

Es wäre ein begrüßenswerter Fortschritt der pädagogischen Diskussion, wenn jeder

Kritiker kybernetisch-pädagogischer Modelle seinen Standort dahingehend präzisieren würde, ob seine Kritik dem Fall A oder dem Fall B zuzuordnen wäre.

7. *Einordnung in die allgemeine Pädagogik*

Zum Schluß sei die Frage gestellt, warum wir (scheinbar) so betonen, daß die Fundamentalthese Grundlage der Kybernetischen Pädagogik sei. Kann sie nicht auch Grundlage der Pädagogik schlechthin sein? Es gibt heute noch verschiedene „Richtungen" oder „Ansätze" der Pädagogik bzw. der Didaktik (vgl. z.B. H. Blankertz 1975). Wir bejahen jede Richtung, die sich als wissenschaftlich im Sinne eines rationalen Wissenschaftsbegriffs bezeichnen läßt. Wir treten dafür ein zu prüfen, was diese Richtungen gemeinsam haben und inwieweit sie miteinander verträglich sind. Daraus wird hoffentlich in absehbarer Zeit ein (weitgehend) einheitlich begründeter Pädagogikbegriff entstehen. Was sich heute noch als ein Katalog von Richtungen präsentiert, wird sich dann vielleicht als eine Palette aufeinander abgestimmter Verfahren darstellen, auf die man wahlweise zurückgreift, je nachdem wie gut sie sich zur Lösung eines bestimmten Problems eignen.

Um auf die Fundamentalthese zurückzukommen: In der Kybernetischen Pädagogik ist sie unentbehrlich. Ob und inwieweit sie heute zu den Grundlagen der Pädagogik im allgemeinen gehört, läßt sich nicht eindeutig beantworten. Vielleicht wird es demnächst ein allgemeines Verständnis von Pädagogik geben, in der die Fundamentalthese ihren selbstverständlichen Platz hat.

Schrifttum

Blankertz, H.: Theorien und Modelle der Didaktik. Juventa Verlag, München, *1975*

Frank, H.: Ansätze zum algorithmischen Lehralgorithmieren. In: H. Frank (Hrsg.): Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht. Bd. 4. Klett-Oldenbourg, Stuttgart-München, *1966*

Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2 Bde. Agis Verlag, Baden-Baden, *1969*

Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Schnelle, Quickborn, *1970*

Eingegangen am 10. März 1979

Anschrift des Verfassers:

Dr. W.D. Ekkehard Bink, Wittenbergener Weg 61a, D-2000 Hamburg 56

Personalia

Der Mitherausgeber der Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, Prof. Dr. Siegfried *Maser*, bisher Rektor der Staatlichen Hochschule für bildende Künste in Braunschweig, ist zum ordentlichen Professor für Gestaltungstheorie im Fachbereich 5 (Design, Kunst- und Musikpädagogik, Druck) an der Gesamthochschule Wuppertal ernannt worden.

Frau Dipl.-Päd. Ingeborg *Meyer* vom Institut für Kybernetische Pädagogik im FEoLL Paderborn promovierte zum Dr. phil. mit einer Arbeit über „Aufbau und Auswertung eines Rechnerkundeunterrichts auf der Basis eines Modellrechners".

Veranstaltungsberichte

Im Rahmen der Feierlichkeiten zum 50jährigen Bestehen der brasilianischen Stadt *Marilia* (Staat São Paulo) fand vom 13. bis 18. April 1979 dort ein *„Internacia Scienca Simpozio"* statt. Die Wissenschaftler und Praktiker aus 12 europäischen, amerikanischen und asiatischen Ländern behandelten in drei parallelen „Kooperationskonferenzen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern" (1. Linguistik; 2. Naturwissenschaft, Medizin und Technik; 3. Kommunikations- und Bildungswissenschaften) direkt oder indirekt das Sprachproblem in der Wissenschaft. Zum wissenschaftlichen Programm trugen neben mehreren brasilianischen wissenschaftlichen Gesellschaften vor allem die Association Internationale de Cybernétique und die GPI/Gesellschaft für Programmierte Instruktion und Mediendidaktik bei (diese verlieh anläßlich der Eröffnung die Ehrenmitgliedschaft an die brasilianische Bildungstechnologin Gilzeth Oliveira, die 10 Jahre zuvor am lateinamerikanischen GPI-Kongreß in Salvador/Bahia mitgewirkt hatte); die Programmgestaltung übernahm der Europaklub, dessen Präsidium fast vollzählig in Marilia war, und der mit seinen Mitgliedern etwa die Hälfte des Tagungsprogramms bestritt. Zum Abschluß wurden mehrere Kooperationsprojekte vereinbart und die folgende Empfehlung zur Rolle der Fremdsprachen in Forschung und Lehre vor allem in Entwicklungsländern beschlossen:

EMPFEHLUNGEN

des Internationalen Wissenschaftlichen Symposiums

2. Internationale Konferenz über das Sprachenproblem in der Wissenschaft

Marilia, São Paulo, Brasilien, 13. – 18. April 1979

Die Rolle der Fremdsprachen in Forschung und Lehre, vor allem in Entwicklungsländern

1. Die in den Entwicklungsländern publizierte wissenschaftliche Literatur findet im Vergleich zu der in den Industrieländern veröffentlichten wissenschaftlichen Literatur — international gesehen — zu wenig Beachtung.

   Die Konferenz *empfiehlt* den Enwicklungsländern, dafür Sorge zu tragen, daß ihre wissenschaftlichen Publikationen regelmäßig (sofort nach Veröffentlichung) denjenigen internationalen Dokumentationszentren und bibliographischen Instituten zugesandt werden, die das betreffende Fachgebiet betreuen.

2. Aufgrund von fehlenden Fremdsprachenkenntnissen in mehreren Sprachen wird die wissenschaftliche Literatur, selbst wenn sie in international verwendeten Sprachen abgefaßt ist, von den Wissenschaftlern nur in ungenügendem Maße rezipiert. Dadurch, daß die wissenschaftlichen Arbeiten aufgrund von sprachlichen Hemmnissen nicht ausgewertet werden können, wird im internationalen Rahmen der wissenschaftliche Gedankenaustausch beträchtlich behindert und verzerrt. Es besteht daher die dringende Notwendigkeit, Mittel und Wege zu finden, die es erlauben, diese Sprachbarrieren in der Wissenschaft wirkungsvoll zu überwinden.

   Die Konferenz vertritt die Meinung, daß der Erwerb einer einzigen nationalen Fremdsprache völlig unzureichend ist und *schlägt vor*, in der akademischen Ausbildung von Wissenschaftlern die folgenden Sprachlehrmethoden zu entwickeln und anzuwenden:

   (1) Einführung von Kurzlehrgängen zur Erreichung der Lesefähigkeit von Fachtexten in den international gebräuchlichen Sprachen, wie etwa Englisch, Deutsch, Französisch und Russisch. Diese Lehrgänge sollen der Vermittlung folgender Grundkenntnisse dienen:
   (a) Kenntnis der häufigsten allgemeinsprachlichen Ausdrücke und Wörter der genannten Sprachen (Zusammenstellung des Materials aufgrund von bereits vorliegenden oder noch zu erstellenden Statistiken über Worthäufigkeiten),

   (b) Kenntnis der in Zusammenfassungen und Abstracts häufig verwendeten Fachbegriffe, bezogen auf das jeweilige Fachgebiet der Interessenten,
   (c) Kenntnis des kyrillischen Alphabets (für Studenten aus nichtslawischem Sprachraum).

   (2) Einführung allgemeiner Sprachkurse zum Erwerb von Grundkenntnissen in der Internationalen Sprache Esperanto wegen ihrer nachstehend genannten Vorteile für eine Orientierung auf sprachlichem Gebiet. Die Internationale Sprache zeichnet sich aus durch:
   (a) eine einfache Grammatik, deren Hauptmerkmale in vielen Sprachen zu finden sind,
   (b) einen internationalen Wortschatz,
   (c) ein einfaches System zur Bildung zusammengesetzter und abgeleiteter Wörter, das das Verständnis des in der wissenschaftlichen Terminologie repräsentierten internationalen Wortschatzes erleichtert.

   Diese beiden Methoden ergänzen einander.

3. Die Vorträge und Diskussionen des Symposiums fanden ausschließlich in der Internationalen Sprache Esperanto statt, die die Konferenz als definitive Lösung des internationalen Sprachenproblems ansieht.

Veranstaltungen

Das für Oktober 1979 vorgesehene 19. Werkstattgespräch über Kybernetische Pädagogik wurde auf 9. – 11. November 1979 *verschoben*. Vortragsanmeldungen und Auskünfte: Institut für Kybernetik an der Pädagogischen Hochschule Berlin, Malteserstr. 74 – 100, 1000 Berlin 47. Rahmenthemen: 1. Ergebnisse der Kybernetik als Bestandteil der Lehrerbildung, 2. Weiterentwicklung des Psychostrukturmodells.

Folgende drei Tagungen behandeln das Sprachenproblem in den Wissenschaften und setzen damit thematisch das Internacia Scienca Simpozio in Marilia (1979-04-13/18) thematisch fort:

Vom 18. bis 20. Oktober 1979 findet an der Sorbonne, Paris, 12, rue Cujas, eine Tagung über *„Grundanforderungen an eine allgemeine europäische Sprache"* statt. Arbeitssprachen: Französisch und Internacia Lingvo. Vortragsanmeldungen und Auskünfte: *ILEI* (In den Horstwiesen 42, D-3150 Peine), die in Zusammenarbeit mit U.E.R. de Linguistique Générale et Appliquée und dem Europaklub die Programmgestaltung übernahm.

Das 4. Werkstattgespräch *„Interlinguistik in Wissenschaft und Bildung"* findet vom 22. bis 25. November 1979 am FEoLL, Paderborn, Pohlweg 55, statt. Arbeitssprachen: Deutsch und Internacia Lingvo. Rahmenthemen: 1. Mehrsprachige Fachwörterbücher; 2. Rationalisierung der Fremdsprachpädagogik durch Sprachorientierungsunterricht; 3. Automatische Sprachverarbeitung. Vortragsanmeldungen und Auskünfte: FEoLL-Institut für Kybernetische Pädagogik (Pohlweg 55, Paderborn), das zusammen mit dem Europaklub, der GPI-Arbeitsgruppe ILUS, dem Arbeitskreis für liberale europäische Sprachpolitik (ALEUS) u.a. die Programmgestaltung übernahm.

Ein Symposium über „Die Kybernetik der menschlichen Sprache" findet in Namur (Belgien) im Rahmen des 9. Internationalen Kybernetikkongresses statt, der mit Rücksicht auf das Internacia Scienca Simpozio Marilia auf den 8. bis 13. November 1980 verschoben wurde. Arbeitssprachen: Französisch, Englisch und Internacia Lingvo. Anmeldungen und Auskünfte: Association Internationale de Cybernétique, Palais des Expositions, B-5000 Namur. Vortragsanmeldungen bis Ende Oktober 1979 an Prof. Dr. Helmar Frank, über die Schriftleitung der Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft.

Hinweis

Statt der für die gegenwärtige Nummer der GrKG vorgesehenen Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" erscheint diese internationalsprachige Beilage in GrKG 20/3 in doppeltem Umfang.

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten, für die Aufnahme in die internationale Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" eine knappe, aber die wichtigsten neuen Ergebnisse des Beitrags für Fachleute verständlich wiedergebende Zusammenfassung (Umfang maximal 200 Wörter) in Internationaler, notfalls deutscher Sprache beizufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit soll angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden. Im übrigen wird auf die „Mindestgütekriterien für kybernetisch-pädagogische Originalarbeiten in deutscher Sprache" (abgedruckt u. a. in „Kybernetik und Bildung I", Verlagsgemeinschaft Schroedel/Schöningh, Hannover und Paderborn 1975) verwiesen, die von Schriftleitung und Herausgebern der Beurteilung der eingereichten Manuskripte sinngemäß zugrundegelegt werden.